

Stabilitas Laju Fotosintesis dan Produktivitas Rimpang Genotipe *Curcuma aeruginosa* dan *Curcuma zanthorrhiza*

Stability of Photosynthetic Rate and Rhizome Yield of Curcuma aeruginosa and Curcuma zanthorrhiza Genotypes

Djarot Sasongko Hami Seno^{1*}, Mohamad Raff^{2,3}, Maria Bintang², Popy Asri Kurniatin², dan Waras Nurcholis^{1,2}

¹Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

²Pusat Studi Biofarmaka Tropika, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Taman Kencana No. 3, Kampus IPB Taman Kencana, Bogor 16128, Indonesia

³Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 19 Maret 2020/Disetujui 13 April 2020

ABSTRACT

Curcuma aeruginosa Roxb. rhizome is an essential herb material with significant antimicrobial, anticancer, and antioxidant activities. Thus, it is important to search for *C. aeruginosa* plant that has the rhizome yield trait with more excellent stability in changing environmental situations. This research aimed to evaluate the genotype x environment interaction using additive main effects and multiple interaction (AMMI) analysis for photosynthetic rate and rhizome yield of *C. aeruginosa* genotypes. Twenty clones of *C. aeruginosa* plus three control varieties of *C. zanthorrhiza* Roxb. were evaluated in three environments (Bogor, Cianjur, and Sukabumi) using a randomized complete block design with three replicates. The photosynthetic rate and rhizome yield showed significantly ($p < 0.01$) genotype x environment interaction. The AMMI2 explained 100% variability of the photosynthetic rate and rhizome yield parameters. G2, G10, G12, G13, G14, G16, G17, G19, and G20 were stable genotypes for rhizome yield based on AMMI analyses. Meanwhile, the stable genotype in photosynthetic rate recorded in G4, G5, G6, G8, G11, G13, and G14.

Keywords: AMMI, genotypes, multilocation trials, pink and blue ginger, varieties

ABSTRAK

Rimpang temu hitam (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) merupakan bahan baku herbal penting yang berkhasiat sebagai antimikroba, antikanker, dan antioksidan. Dengan demikian, penting untuk mendapatkan tanaman temu hitam yang memiliki produktivitas rimpang dengan stabilitas yang luas pada kondisi lingkungan yang beragam. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi interaksi genotipe x lingkungan menggunakan analisis additive main effects and multiple interaction (AMMI) terhadap karakter laju fotosintesis dan produktivitas rimpang genotipe temu hitam. Dua puluh genotipe temu hitam dan tiga varietas temulawak (*C. zanthorrhiza* Roxb.) dievaluasi di tiga lokasi percobaan (Bogor, Cianjur, dan Sukabumi) menggunakan rancangan acak kelompok lengkap teracak dengan pengulangan tiga kali. Interaksi genotipe x lingkungan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap laju fotosintesis dan produktivitas rimpang. AMMI2 dapat menjelaskan 100% keragaman terhadap karakter laju fotosintesis dan produktivitas rimpang. G2, G10, G12, G13, G14, G16, G17, G19, dan G20 merupakan genotipe yang stabil pada produktivitas rimpang berdasarkan analisis AMMI. Karakter laju fotosintesis yang stabil ditemukan pada genotipe G4, G5, G6, G8, G11, G13, dan G14.

Kata kunci: AMMI, genotipe, temu hitam, uji multilokasi, varietas

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: hamisenodjarot@gmail.com

PENDAHULUAN

Temu hitam atau temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) merupakan salah satu jenis tanaman obat dalam bentuk rimpang dari keluarga *Zingiberaceae*. Tanaman tersebut tumbuh subur di Indonesia, namun penggunaannya masih terbatas khususnya pada industri obat tradisional. Penelitian terbaru menunjukkan beberapa khasiat farmakologi dari rimpang tanaman temu hitam, beberapa diantaranya adalah minyak atsiri sebagai antimikroba (Akarchariya *et al.*, 2017) dan pemutih kulit (Srivilai *et al.*, 2017), ekstrak etanol sebagai antikanker dan antioksidan (Nurcholis *et al.*, 2016c, 2017a). Besarnya potensi khasiat temu hitam perlu dikembangkan lebih luas, salah satunya dengan mempersiapkan varietas temu hitam menjadi bahan baku rimpang yang unggul untuk industri herbal.

Varietas temu hitam sampai saat ini belum ada di Indonesia (Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian, 2019). Dengan demikian, pengembangan varietas sangat diperlukan untuk menyediakan bahan baku rimpang temu hitam yang terstandar. Salah satu tahap penting dalam pengembangan varietas adalah uji multilokasi, yang dapat digunakan untuk menentukan suatu genotipe spesifik lokasi atau mampu beradaptasi secara luas (Aarthi *et al.*, 2020). Selain itu, pengujian multilokasi dapat mengidentifikasi lingkungan yang paling baik untuk karakter tertentu berdasarkan interaksi antara genotipe x lingkungan. Varietas temu hitam belum ada, sehingga temulawak dipilih sebagai pembanding dalam uji multilokasi karena dari keluarga yang sama (*Zingiberaceae*) dan memiliki karakteristik tanaman yang serupa baik rimpang yang dihasilkan serta khasiat untuk kesehatan (Nurcholis *et al.*, 2012, 2018). Rimpang merupakan bagian tanaman yang digunakan untuk pengobatan pada tanaman temu hitam dan temulawak. Rimpang merupakan bentuk simpanan, sehingga besarnya diduga akan sangat dipengaruhi oleh laju fotosintesis. Sampai saat ini pengaruh laju fotosintesis terhadap produktivitas rimpang temu hitam dan temulawak belum ada yang melaporkan, namun pada beberapa tanaman lain telah dilaporkan diantara pada *Rubia yunnanensis* (Miao *et al.*, 2020) dan *C. alismatifolia* (Chidburee *et al.*, 2007). Dengan demikian, produktivitas rimpang dan laju fotosintesis merupakan karakter penting yang dipilih dalam uji multilokasi. Analisis multivariat yaitu *additive main effect and multiple interaction* (AMMI) saat ini merupakan metode statistik yang cukup baik dalam menjelaskan interaksi antara genotipe dan lingkungan (Sharifi *et al.*, 2017). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menduga interaksi genotipe x lingkungan menggunakan analisis AMMI pada karakter laju fotosintesis dan produktivitas rimpang dari 20 genotipe temu hitam pada tiga lokasi percobaan.

BAHAN DAN METODE

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 genotipe temu hitam (seleksi hasil eksplorasi dan analisis performa) koleksi Tim Biokimia Pertanian dan Pusat Studi Biofarmaka Tropika yang diberi kode G1-G20. Selain

itu, penelitian juga menggunakan kontrol yaitu temulawak (*C. zanthorrhiza* Roxb.) varietas Cursina 1, Cursina 2, dan Cursina 3 yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor, Indonesia.

Lokasi penelitian untuk pengujian multilokasi dilakukan di Bogor, Cianjur, dan Sukabumi dengan informasi kondisi lokasi selama pengujian (2018-2019) disajikan pada Tabel 1. Percobaan di setiap lokasi dilakukan dengan rancangan kelompok lengkap teracak dengan tiga ulangan. Satu rimpang dengan bobot 30-50 g digunakan per satuan percobaan. Setiap ulangan digunakan 5 tanaman dengan ukuran jarak antara genotipe 60 cm dan jarak dalam satuan percobaan 50 cm. Total tanaman sebanyak 345 tanaman dengan luasan keseluruhan adalah 125 m². Sementara untuk metode budidaya dilakukan secara organik sesuai Nurcholis *et al.* (2019). Bibit yang digunakan adalah rimpang induk yang berumur 9 bulan setelah tanam (BST). Pemupukan dilakukan 1 kali pada awal tanam sebanyak 1 kg lubang tanam⁻¹. Pemeliharaan dilakukan setiap bulan selama masa pertumbuhan dengan melakukan penyiangan gulma dan pembumbunan. Panen rimpang dilakukan pada tanaman umur 9 BST. Laju fotosintesis diukur pada tanaman umur 5 bulan setelah tanam dengan menggunakan alat *Li-Cor portable photosynthesis system* (model LI-6400XT, Li-Cor Inc., Lincoln, NE). Sementara untuk produktivitas rimpang ditentukan setelah panen yaitu tanaman umur 9 bulan setelah tanam. Produktivitas rimpang diukur dalam g per rumpun.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi R. Stabilitas laju fotosintesis dan produktivitas rimpang 20 genotipe temu hitam dan 3 varietas temulawak ditentukan dengan analisis model AMMI dengan menggunakan perangkat lunak PBSTAT-GE (www.pbstat.com).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rimpang merupakan tempat penyimpanan (*sink*) pada tanaman temu hitam. Simpanan metabolit dilakukan dari akumulasi proses fotoasimilasi dari sel mesofil daun (*source*) yang jumlah distribusi asimilat sangat bergantung pada salah satunya dari laju fotosintesis (Chidburee *et al.*, 2007; Pavlović *et al.*, 2019). Dengan demikian, pemilihan karakter produktivitas rimpang dan laju fotosintesis merupakan hal penting untuk dipilih dalam upaya mendapatkan genotipe temu hitam yang stabil dan adaptif pada suatu lokasi budidaya. Hal tersebut tentunya penting dalam pengembangan temu hitam sebagai bahan baku herbal, khususnya mendapatkan informasi genotipe yang stabil dan adaptif sehingga dapat ditentukan pengembangan yang lebih tepat dalam upaya mendapatkan varietas unggul temu hitam Indonesia. Selain dari aspek genotipe, manfaat penelitian ini juga dapat diperoleh dari aspek lokasi yaitu mendapatkan gambaran sentra budidaya temu hitam yang lebih sesuai untuk menghasilkan produktivitas rimpang yang tinggi sehingga bernilai secara ekonomi.

ANOVA menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata ($p < 0.001$) pada karakter produktivitas rimpang untuk lokasi dan interaksi genotipe x lingkungan (Tabel 2). Sementara pada karakter laju fotosintesis, lokasi, ulangan/lokasi, dan

Tabel 1. Informasi kondisi lokasi pengujian

Lokasi	Karakterisasi lahan	Lintang	Bujur	Ketinggian tempat (m dpl)*	Curah hujan (mm)#	Suhu (°C)#
Bogor	Kebun Unit Konservasi Budidaya Biofarmaka IPB	6.55 LS	106.72 BT	141	51-671	25.8-27.0
Cianjur	Kebun Percobaan Pasir Sarongge IPB	6.77 LS	107.05 BT	1083	46-552	20.7-22.4
Sukabumi	Kebun milik petani	6.87 LS	106.80 BT	493	38-651	19.4-23.1

Keterangan: *dpl = di atas permukaan laut. #sumber = Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Bogor, Data Curah Iklim Bulanan 2018-2019

interaksi genotipe x lingkungan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0.001$) (Tabel 2). Pada interaksi genotipe x lingkungan, PC1 menggambarkan pengaruh yang nyata ($p < 0.001$) baik pada karakter produktivitas rimpang dan laju fotosintesis.

Genotipe G11 menghasilkan rerata produktivitas rimpang tertinggi di semua lokasi sebesar 612 g per rumpun (Tabel 3). Bogor merupakan lokasi yang menghasilkan rata-rata produktivitas rimpang tertinggi nyata ($p < 0.05$) diikuti oleh lokasi Sukabumi dan Cianjur. G11, G4, G8, G7, G18, G9, G3, G13, G12, dan G14 menghasilkan produktivitas rimpang tertinggi di lokasi Bogor. Pada lokasi Cianjur, genotipe G6 menghasilkan produktivitas rimpang tertinggi yang tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0.05$ dengan kontrol temulawak varietas Cursina 2 dan Cursina 3. Sementara, pada lokasi Sukabumi menunjukkan bahwa G6 menghasilkan produktivitas rimpang tertinggi namun tidak berbeda nyata dengan sampel yang lainnya ($p < 0.05$). Temu ireng dan temulawak merupakan tanaman dengan spesies

yang berbeda, namun satu keluarga *Zingiberaceae*. Kedua tanaman tersebut memiliki bentuk rimpang dan ukuran yang mirip (Nurcholis *et al.*, 2012, 2017b), hal tersebut yang memungkinkan produktivitas rimpang tidak berbeda nyata. Selain itu, temu ireng dan temulawak memiliki senyawa penanda yang sama yaitu kurkuminoid (Nurcholis *et al.*, 2016a; c). Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses metabolisme dimungkinkan serupa antara temu ireng dan temulawak, minimal dalam biosintesis senyawa kurkuminoid. Dengan demikian, kondisi lingkungan tertentu (misalnya dalam penelitian ini di Cianjur dan Sukabumi) dapat menginduksi berbagai enzim dan metabolit dalam proses metabolisme yang serupa, sehingga produktivitas rimpang temu ireng dan temulawak tidak berbeda nyata.

Genotipe G7 memiliki rata-rata laju fotosintesis tertinggi di semua lokasi sebesar $18.06 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ meskipun tidak berbeda nyata ($p < 0.05$) dengan sampel genotipe dan kontrol varietas lainnya (Tabel 4). G18, Cursina 1, dan G2 merupakan genotipe yang memiliki

Tabel 2. Analisis ragam AMMI2 20 genotipe temu hitam dan 3 varietas temulawak di tiga lokasi untuk produktivitas rimpang dan laju fotosintesis

Sumber keragaman	db	JK	KT	F-hitung	Nilai p
Produktivitas rimpang					
Lokasi	2	14,632,097	7,316,049	185.9434	< 0.001
Ulangan/Lokasi	6	236,073	39,346	2.0210	0.067
Genotipe	22	927,919	42,178	0.7769	0.734
Genotipe x Lokasi	44	2,388,643	54,287	2.7900	< 0.001
PC1	23	2,104,941	91,519	4.7000	< 0.001
PC2	21	283,702	13,510	0.6900	0.837
Galat	132	2,568,745	19,460		
Laju fotosintesis					
Lokasi	2	858.52	429.26	21.6726	< 0.010
Ulangan/Lokasi	6	118.84	19.81	8.4253	< 0.001
Genotipe	22	73.13	3.32	0.6402	0.869
Genotipe x Lokasi	44	228.46	5.19	2.2086	< 0.001
PC1	23	188.26	8.19	3.4800	< 0.001
PC2	21	40.20	1.91	0.8100	0.704
Galat	132	310.31	2.35		

Keterangan: db = derajat bebas; JK = jumlah kuadrat; KT = kuadrat tengah

Tabel 3. Produktivitas rimpang 20 genotipe temu hitam dan 3 varietas temulawak pada tiga lingkungan tumbuh

Genotipe/Varietas	Bogor	Cianjur	Sukabumi	Rerata
	-----Produktivitas rimpang (g per rumpun)-----			
G1	547b	225b	240a	337a
G2	840b	117b	420a	459a
G3	980a	154b	467a	534a
G4	1080a	175b	453a	570a
G5	773b	167b	540a	493a
G6	540b	386a	647a	524a
G7	1067a	206b	420a	564a
G8	1080a	153b	453a	562a
G9	1033a	136b	520a	563a
G10	827b	185b	420a	477a
G11	1140a	175b	520a	612a
G12	920a	169b	467a	518a
G13	927a	153b	420a	500a
G14	900a	142b	393a	478a
G15	500b	219b	300a	340a
G16	740b	175b	347a	420a
G17	853b	158b	460a	490a
G18	1053a	158b	263a	492a
G19	800b	189b	460a	483a
G20	780b	141b	360a	427a
Cursina 1	647b	257b	347a	417a
Cursina 2	700b	404a	427a	510a
Cursina 3	660b	378a	473a	504a
Rerata	843A	201C	427B	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan angka yang diikuti oleh huruf kapital pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Scott-Knott pada taraf uji 5%

laju fotosintesis tertinggi untuk masing-masing wilayah secara berurutan dari Bogor, Cianjur, dan Sukabumi. Seperti halnya dengan produktivitas rimpang, pada karakter laju fotosintesis tertinggi terjadi di lokasi Bogor diikuti Sukabumi dan Cianjur.

Produktivitas rimpang dan laju fotosintesis tertinggi terjadi di Bogor dibandingkan lokasi Sukabumi dan Cianjur (Tabel 3 dan 4). Lokasi Bogor memiliki ketinggian yang lebih rendah dan suhu rata-rata per bulan yang lebih tinggi dibandingkan Cianjur dan Sukabumi (Tabel 1). Peningkatan laju fotosintesis mengindikasikan terjadinya peningkatan CO₂ atmosfer sehingga suhu lebih tinggi di lokasi Bogor. Peningkatan CO₂ atmosfer berkontribusi nyata dalam peningkatan biomasa (Lenka *et al.*, 2020). Penelitian lain menunjukkan bahwa produktivitas rimpang pada tanaman *Lolium arundinaceum* dipengaruhi oleh suhu (Saxena *et al.*, 2014). Dengan demikian, suhu dan CO₂ atmosfer dimungkinkan sebagai faktor abiotik yang menginduksi mekanisme metabolisme bagaimana rimpang temu hitam

diproduksi lebih besar dibandingkan di lokasi Cianjur dan Sukabumi.

Pengujian multilokasi merupakan tahapan penting dalam mengembangkan varietas tanaman temu hitam, yaitu menguji beberapa genotipe unggul pada beberapa lokasi pengujian. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi 20 genotipe temu hitam yang ditanam di tiga lokasi budidaya dengan informasi lokasi tersaji pada Tabel 1. Hasil pengujian multilokasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi interaksi genotipe dan lingkungan yang dapat memberikan informasi genotipe yang mampu beradaptasi secara luas atau spesifik lokasi (Bocianowski *et al.*, 2020). Analisis data uji multilokasi dapat dilakukan dengan menggunakan analisis AMMI yang dapat memvisualisasikan dalam bentuk biplot antara genotipe dan lingkungan pengujian (Dewi *et al.*, 2015). Suatu genotipe dikatakan stabil jika dekat dengan sumbu, namun jika genotipe jauh dari sumbu dan dekat dengan garis lokasi maka dikatakan spesifik lokasi tersebut.

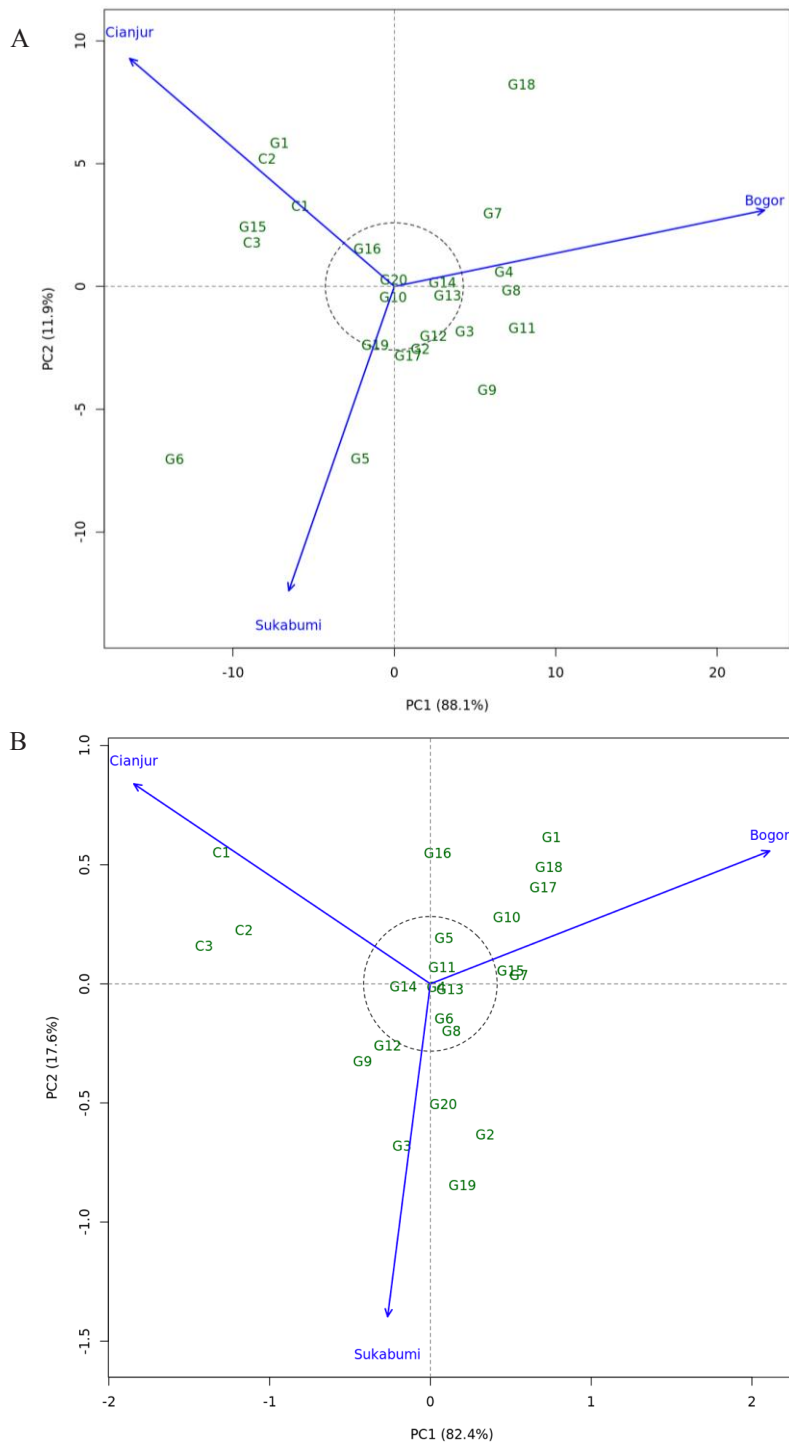
Tabel 4. Laju fotosintesis 20 genotipe temu hitam dan 3 varietas temulawak pada tiga lingkungan tumbuh

Genotipe/Varietas	Bogor	Cianjur	Sukabumi	Rerata
	-----Laju fotosintesis (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)-----			
G1	21.46a	13.71b	15.39a	16.85a
G2	20.63a	14.18b	18.30a	17.72a
G3	17.98a	13.51b	16.94a	16.14a
G4	19.73a	14.62b	16.72a	17.02a
G5	19.60a	14.37b	16.04a	16.67a
G6	19.16a	13.83b	16.33a	16.44a
G7	21.88a	14.76b	17.55a	18.06a
G8	19.79a	14.26b	16.97a	17.00a
G9	17.80a	14.40b	16.56a	16.25a
G10	20.86a	14.11b	16.18a	17.05a
G11	19.75a	14.52b	16.48a	16.91a
G12	18.21a	14.23b	16.47a	16.31a
G13	19.62a	14.17b	16.44a	16.74a
G14	18.20a	13.90b	15.68a	15.92a
G15	21.55a	14.63b	17.30a	17.83a
G16	20.39a	15.43b	16.15a	17.32a
G17	20.63a	13.03b	15.15a	16.27a
G18	22.41a	14.68b	16.65a	17.92a
G19	18.96a	12.95b	17.38a	16.43a
G20	19.27a	13.84b	17.23a	16.78a
Cursina 1	17.74a	18.09a	16.68a	17.50a
Cursina 2	17.89a	17.58a	17.21a	17.56a
Cursina 3	16.77a	17.42a	16.82a	17.00a
Rerata	19.58A	14.62C	16.64B	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan angka yang diikuti oleh huruf kapital pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Scott-Knott pada taraf uji 5%

Gambar 1 menunjukkan hasil biplot pengaruh interaksi model AMMI2 pada karakter produktivitas rimpang dan laju fotosintesis dari 20 genotipe temu hitam dan 3 varietas kontrol temulawak yang diuji pada lokasi Bogor, Cianjur, dan Sukabumi. Kontribusi keragaman pengaruh interaksi yang mampu diterangkan oleh PC1 dan PC2 untuk produktivitas rimpang adalah 88.1% dan 11.9%, sementara pada karakter laju fotosintesis masing-masing secara berurutan adalah 82.4% dan 17.6%. Keragaman karakter produktivitas rimpang dan laju fotosintesis dapat dijelaskan dengan lebih dominan oleh PC1 dibandingkan dengan PC2. Stabilitas 20 genotipe temu hitam dan 3 varietas temulawak pada karakter produktivitas rimpang dan laju fotosintesis tersaji pada Gambar 1. Terdapat 9 genotipe (G2, G10, G12, G13, G14, G16, G17, G19, dan G20) termasuk dalam kategori stabil untuk produktivitas rimpang, sementara pada laju fotosintesis yang stabil sebanyak 7 genotipe (G4, G5, G6, G8, G11, G13, dan

G14). Genotipe G7, G8, dan G4 merupakan genotipe yang spesifik pada lokasi Bogor untuk produktivitas rimpang. Lokasi Cianjur teridentifikasi genotipe G1 dan G15 serta tiga varietas temulawak Cursina 1, Cursina 2, dan Cursina 3 yang spesifik dalam menghasilkan karakter produktivitas rimpang. Genotipe G5 merupakan spesifik lokasi Sukabumi dalam produktivitas rimpang temu hitam. Sementara untuk karakter laju fotosintesis, genotipe G7, G15, dan G10 spesifik lokasi Bogor, tiga varietas temulawak Cursina 1, Cursina 2, dan Cursina 3 spesifik lokasi Cianjur. Adapun G3 dan G20 spesifik lokasi Sukabumi. Genotipe temu hitam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 20 lokasi yang diseleksi berdasarkan karakter agro-morfologi (Khumaida *et al.*, 2019), kandungan metabolit sekunder dan aktivitas farmakologi (Nurcholis *et al.*, 2016b; c, 2017a). Genotipe yang spesifik lokasi dan stabil dapat digunakan sebagai bahan untuk pengembangan temu hitam menjadi varietas tanaman obat yang unggul pada penelitian selanjutnya.



Gambar 1. Biplot pengaruh interaksi model AMMI2 pada karakter produktivitas rimpang per rumpun (A) dan laju fotosintesis (B) 20 genotipe temu hitam (G1-G20) dan 3 varietas temulawak (C1-C3 = Cursina 1, 2 dan 3) yang diuji pada tiga lokasi berbeda

KESIMPULAN

Produktivitas rimpang dan laju fotosintesis merupakan karakter yang memiliki interaksi genotipe x lingkungan yang sangat nyata. Bogor merupakan lokasi terbaik tanaman temu hitam menghasilkan produktivitas rimpang dan laju fotosintesis tertinggi dibandingkan Cianjur dan Sukabumi. Terdapat 9 genotipe (G2, G10, G12, G13, G14, G16, G17, G19, dan G20) untuk karakter produktivitas rimpang dan

7 genotipe (G4, G5, G6, G8, G11, G13, dan G14) untuk karakter laju fotosintesis yang dikategorikan stabil pada tiga lingkungan pengujian. Pada karakter produktivitas rimpang, genotipe spesifik lokasi merupakan G7, G8, dan G4 di Bogor, G5 di Sukabumi, G1, G15, Cursina 1, Cursina 2, dan Cursina 3 di Cianjur. Sementara untuk karakter laju fotosintesis, G7, G15 dan G10 spesifik di Bogor, Cursina 1, Cursina 2, dan Cursina 3 spesifik lokasi Cianjur, genotipe G3 dan G20 spesifik lokasi Sukabumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia melalui program kegiatan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (No. 4324/IT3.L1/PN/2019), Institut Pertanian Bogor. Penulis mengucapkan terima kasih pada LPPM IPB University atas bantuan administrasi selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarthi, S., J. Suresh, N.K. Leela, D. Prasath. 2020. Multi environment testing reveals genotype-environment interaction for curcuminoids in turmeric (*Curcuma longa* L.). *Indust. Crops Prod.* 145:112090.
- Akarchariya, N., S. Sirilun, J. Julsrigival, S. Chansakaowa. 2017. Chemical profiling and antimicrobial activity of essential oil from *Curcuma aeruginosa* Roxb., *Curcuma glans* K. Larsen & J. Mood and *Curcuma cf. xanthorrhiza* Roxb. collected in Thailand. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 7:881-885.
- Bocianowski, J., A. Liersch, K. Nowosad. 2020. Genotype by environment interaction for alkenyl glucosinolates content in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. *Curr. Plant Biol.* 21:100137.
- Chidburee, A., W. Bundittaya, C. Suwanthada, O. Norikuni, K. Sueyoshi, T. Ohyama, S. Ruamrungsri. 2007. Effects of red light on growth, photosynthesis and food reserves in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. *Thai J. Agric. Sci.* 40:57-63.
- Dewi, S.M., Sobir, M. Syukur. 2015. Interaksi genotipe x lingkungan hasil dan komponen hasil 14 genotipe tomat di empat lingkungan dataran rendah. *J. Agron. Indonesia* 43:59-65.
- Khumaida, N., M. Syukur, M. Bintang, W. Nurcholis. 2019. Phenolic and flavonoid content in ethanol extract and agro-morphological diversity of *Curcuma aeruginosa* accessions growing in West Java, Indonesia. *Biodiversitas J. Biol. Divers.* 20:656-663.
- Lenka, N.K., S. Lenka, J.K. Thakur, D.S. Yashona, A.K. Shukla, R. Elanchezian, K.K. Singh, A.K. Biswas, A.K. Patra. 2020. Carbon dioxide and temperature elevation effects on crop evapotranspiration and water use efficiency in soybean as affected by different nitrogen levels. *Agric. Water Manag.* 230:105936.
- Miao, Y., Q. Bi, H. Qin, X. Zhang, N. Tan. 2020. Moderate drought followed by re-watering initiates beneficial changes in the photosynthesis, biomass production and Rubiaceae-type cyclopeptides (RAs) accumulation of *Rubia yunnanensis*. *Indust. Crops Prod.* 148:112284.
- Nurcholis, W., L. Ambarsari, E.D. Purwakusumah. 2016a. Curcumin analysis and cytotoxic activities of some *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. Accessions. *Int. J. Pharm. Tech. Res.* 9:175-180.
- Nurcholis, W., H. Hartanti, S. Suryani, B.P. Priosoeryanto. 2019. Evaluation of agro-morphological traits in 20 genotypes selected of *Curcuma aeruginosa* Roxb. *Agrosainstek J. Ilmu Teknol. Pertan.* 3:42-51.
- Nurcholis, W., N. Khumaida, M. Syukur, M. Bintang. 2016b. Variability of total phenolic and flavonoid content and antioxidant activity among 20 *Curcuma aeruginosa* Roxb. accessions of Indonesia. *Asian J. Biochem.* 11:142-148.
- Nurcholis, W., N. Khumaida, M. Syukur, M. Bintang. 2016c. Variability of curcuminoid content and lack of correlation with cytotoxicity in ethanolic extracts from 20 accessions of *Curcuma aeruginosa* RoxB. *Asian Pacific J. Trop. Dis.* 6:887-891.
- Nurcholis, W., N. Khumaida, M. Syukur, M. Bintang. 2017a. Evaluation of free radical scavenging activity in ethanolic extract from promising accessions of *Curcuma aeruginosa* RoxB. *Molekul* 12:133-138.
- Nurcholis, W., N. Khumaida, M. Syukur, M. Bintang. 2017b. Similarity analysis of 20 promising accessions of *Curcuma aeruginosa* Roxb. based on rhizome color, extract yield, and phytochemical contents. *J. Agron. Indonesia* 44: 315-321.
- Nurcholis, W., A.A. Munshif, L. Ambarsari. 2018. Xanthorrhizol contents, α -glucosidase inhibition, and cytotoxic activities in ethyl acetate fraction of *Curcuma xanthorrhiza* accessions from Indonesia. *Rev. Bras. Farmacogn.* 28:44-49.
- Nurcholis, W., E.D. Purwakusumah, M. Rahardjo, L.K. Darusman. 2012. Variasi bahan bioaktif dan bioaktivitas tiga nomor harapan temulawak pada lokasi budidaya berbeda. *J. Agron. Indonesia* 40:153-159.
- Pavlović, I., P. Tarkowski, T. Prebeg, H. Lepeduš, B. Salopek-Sondi. 2019. Green spathe of peace lily (*Spathiphyllum wallisii*): An assimilate source for developing fruit. *South African J. Bot.* 124:54-62.

- Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian. 2019. Sistem Informasi Database Varietas Tanaman. Kementrian Pertan. Republik Indones. <http://aplikasi.pertanian.go.id/varietas/tamu/utama.asp> (accessed 7 February 2020).
- Saxena, P., B. Huang, S.A. Bonos, W.A. Meyer. 2014. Photoperiod and temperature effects on rhizome production and tillering rate in tall fescue [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darby.]. Crop Sci. 54:1205-1210.
- Sharifi, P., H. Aminpanah, R. Erfani, A. Mohaddesi, A. Abbasian. 2017. Evaluation of genotype \times environment interaction in rice based on AMMI model in Iran. Rice Sci. 24:173-180.
- Srivilai, J., P. Phimnuan, J. Jaisabai, N. Luangtoomma, N. Waranuch, N. Khorana, W. Wisuitiprot, C.N. Scholfield, K. Champachaisri, K. Ingkaninan. 2017. *Curcuma aeruginosa* Roxb. essential oil slows hair-growth and lightens skin in axillae; a randomised, double blinded trial. Phytomedicine 25:29-38.